

Gli open data per l'analisi del fabbisogno di energia primaria degli edifici residenziali e del potenziale risparmio energetico

Original

Gli open data per l'analisi del fabbisogno di energia primaria degli edifici residenziali e del potenziale risparmio energetico / Mutani, Guglielmina; Giovanni, Vicentini. - STAMPA. - 1:(2013), pp. 15-37. (Intervento presentato al convegno Smart City Exhibition tenutosi a Bologna nel 16-18 Ottobre 2013).

Availability:

This version is available at: 11583/2525128 since:

Publisher:

Forumpa

Published

DOI:

Terms of use:

openAccess

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

Gli open data per l'analisi del fabbisogno di energia primaria degli edifici residenziali e del potenziale risparmio energetico

Autori:

Guglielmina Mutani*, Giovanni Vicentini**

*guglielmina.mutani@polito.it, Ricercatore, Dipartimento Energia, Politecnico di Torino

**giovanni.vicentini@gmail.com, Consulente esterno, Ufficio Promozione Risparmio Energetico e Fonti Rinnovabili, Provincia di Torino

Abstract

In questo lavoro viene presentata un'applicazione di un sistema geografico libero (GIS) per la valutazione del fabbisogno di energia termica primaria degli edifici residenziali in Provincia di Torino. Partendo dai dati di fabbisogno di alcuni edifici-tipo con caratteristiche tipologiche e geometriche diverse, si estende il modello a tutti gli edifici residenziali della Provincia di Torino ipotizzando infine anche il risparmio energetico conseguibile a seguito di alcuni interventi di riqualificazione energetica.

Parole chiave: prestazione energetica, edifici residenziali, risparmio energetico, GIS.

Il fabbisogno di energia primaria per la Provincia di Torino

Il fabbisogno di energia termica degli edifici, per semplicità di trattazione, viene distinto in fabbisogno per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria. I modelli di fabbisogno sono essere confrontati con i consumi reali ed il riferimento per quanto riguarda i consumi degli edifici residenziali della Città di Torino è stato il "Piano d'azione per l'energia sostenibile" (AA.VV. [2012]), mentre per la Provincia di Torino si è considerato l'Ottavo Rapporto sull'Energia (AA.VV. [2011]). Per le caratteristiche geometriche degli edifici è stata utilizzata principalmente la Carta Tecnica Provinciale della Provincia di Torino, la Carta Tecnica Comunale per la città di Torino ed i dati del censimento ISTAT 2001, non essendo ancora disponibili quelli del 2011; per un maggior dettaglio si vedano Vicentini e Mutani [2012] e Mutani e Vicentini [2012].

Per la costruzione del modello di fabbisogno sono stati analizzati alcuni studi (Fracastoro e Raimondo [2008], IReR [2004] e Corrado et al. [2011]) che hanno consentito di poter valutare il consumo energetico degli edifici considerando tipologie edilizie ricorrenti del settore residenziale in Piemonte e Lombardia. Questi lavori sono confrontabili perché i modelli di fabbisogno energetico che ne derivano, tengono conto essenzialmente di tre variabili: dati climatici, epoca di costruzione e fattore di forma degli edifici. Inoltre IReR [2004], Magrini, Pernetti e Magnani [2011] e Fracastoro e Serraino [2011] confrontano anche i consumi reali con quelli calcolati.

In questo studio, il fabbisogno termico di energia primaria dipende dai dati climatici, dall'epoca di costruzione, dal fattore di forma e dal tasso medio di occupazione (percentuale di alloggi occupati). Questa semplificazione non tiene conto di importanti fattori quali ad esempio: gli apporti solari, la variabilità della temperatura dell'aria interna che con impianti ad intermittenza è spesso diversa dai 20°C e le opere di riqualificazione energetica che possono avere modificato nel corso degli anni il consumo energetico degli edifici. Come risulta anche da altre ricerche (vedi: Magrini, Pernetti e Magnani [2011], Tronchin e Fabbri [2008], Tronchin e Fabbri [2010], Ballarini e Corrado [2009]), per tener conto di questi fattori e adeguare i modelli al consumo effettivo, il fabbisogno energetico specifico degli edifici per la climatizzazione invernale deve essere moltiplicato per un fattore correttivo che dipende dalla tipologia di parco edilizio e quindi non ha una validità generale (cfr. Mutani, Vicentini [2013]).

Per definire un modello di fabbisogno per tutta la Provincia di Torino si è deciso di utilizzare come comune di riferimento per la zona climatica E la Città di Torino e per la zona climatica F il Comune di Coazze. La scelta di Coazze dipende da alcuni fattori: in primo luogo per il riscaldamento viene utilizzato quasi esclusivamente il gas naturale e quindi i dati di consumo a nostra disposizione sono piuttosto precisi; inoltre i gradi-giorno (3.479 GG) ed il tasso di occupazione medio ISTAT (48%) possono essere considerati rappresentativi per i comuni della zona climatica F.

Per quanto riguarda la produzione acqua calda sanitaria, il fabbisogno di energia netta è stato considerato pari a 17,05 kWh/(m²a) considerando il dato medio proposto dalla norma UNI/TS 11300-2:2008; per la valutazione dell'energia primaria si è scelto di considerare un rendimento medio degli impianti per la produzione di acqua calda sanitaria fino al 1976 pari a circa il 40%, dal 1976 al 2005 pari al 60% e dopo il 2005 del 70%. Tali dati emergono da un confronto sullo stato dell'arte (vedi: Fracastoro e Raimondo [2008], IReR [2004], Corrado et al. [2011]).

Il modello che deriva da questo lavoro per il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria EP_{gl} viene descritto dalle Figure 1 e 2 tenendo conto delle temperature di Torino e Coazze degli anni 1970-1990 (dalla norma tecnica UNI 10349:1994).

Per Torino, il fabbisogno specifico di energia primaria ottenuto, pari a $189,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, è molto vicino ai dati di consumo del Piano d'Azione di $188,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ (AA.VV. [2010]); questi dati sono stati normalizzati e fanno riferimento ai dati climatici medi della norma UNI 10349:1994. Se volessimo far riferimento invece ai dati climatici medi degli ultimi ventidue anni a Torino, avremmo un fabbisogno specifico di energia primaria pari a $173,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ (cfr. Mutani, Vicentini [2013]).

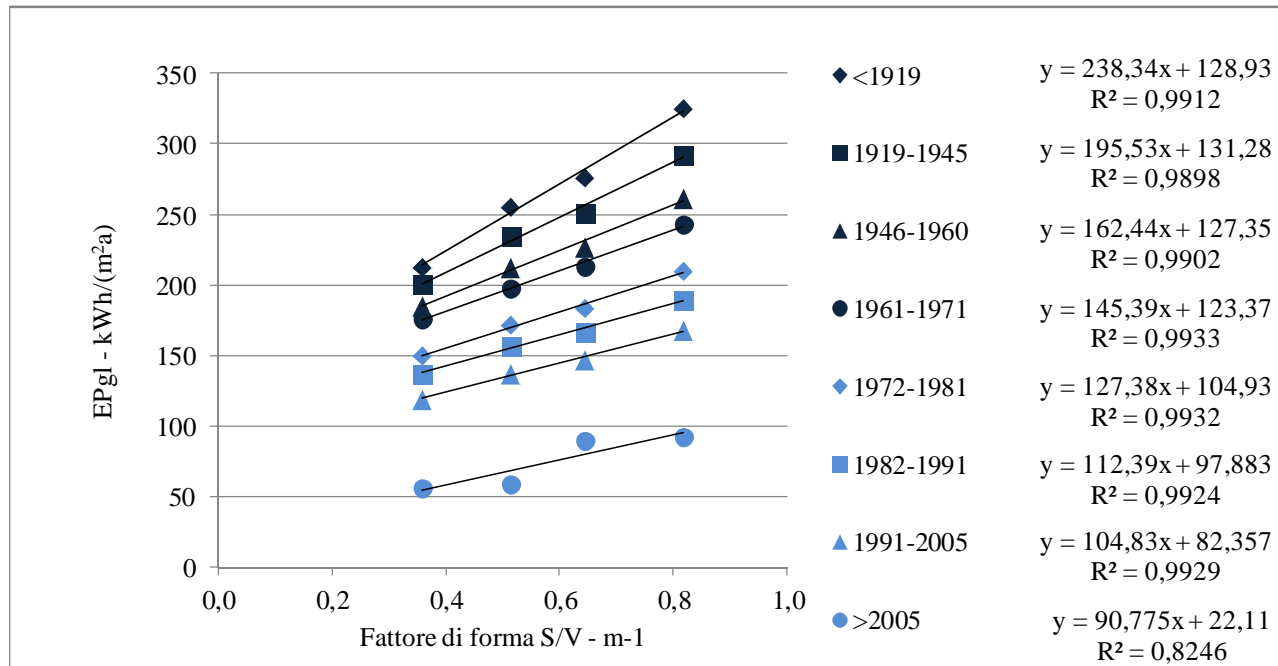


Figura 1. EP_{gl} per Torino, zona climatica E, considerando i dati climatici della norma UNI 10349:1994 (2617 GG).

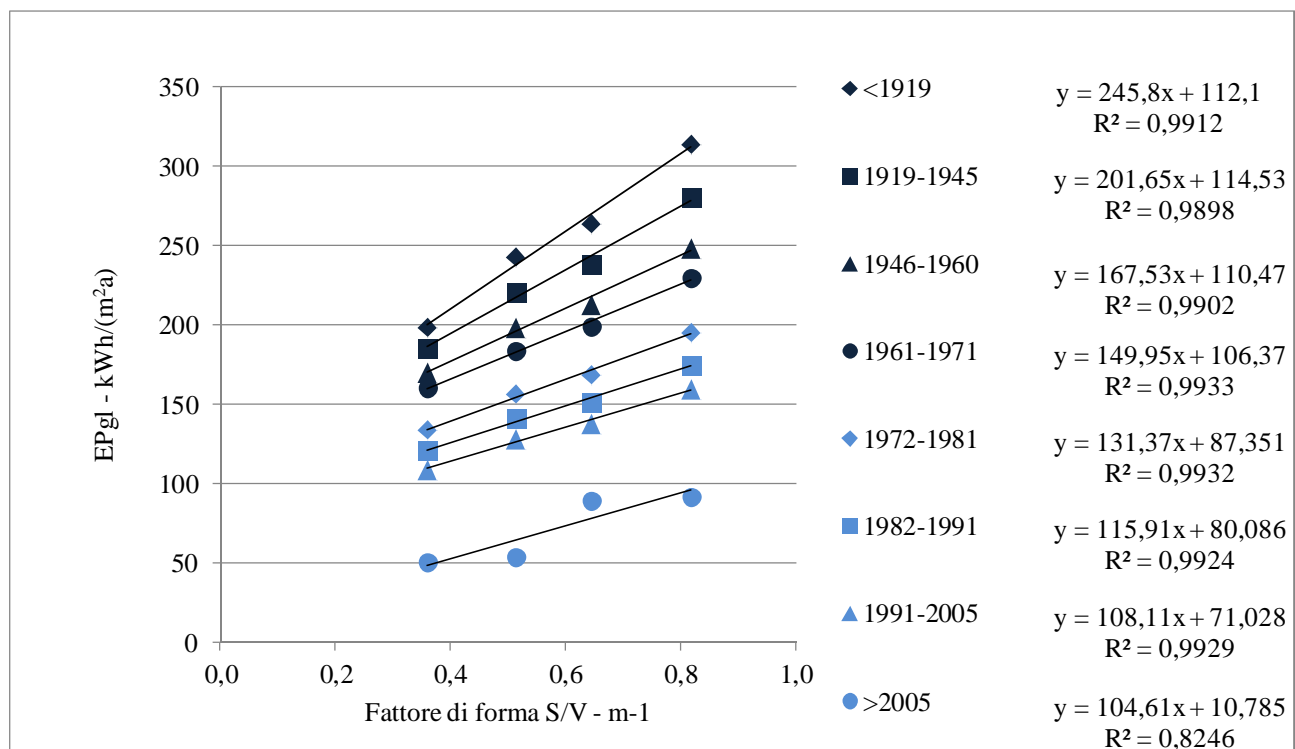


Figura 2. EP_{gl} per Coazze, zona climatica F, considerando i dati climatici della norma UNI 10349:1994 (3479 GG).

Il Figura 2 si nota che valor medio di fabbisogno specifico che si ottiene, nonostante il clima più freddo, è più basso rispetto a quello di Torino: $168,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ rispetto a $189,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Il fabbisogno medio a Coazze è più basso rispetto a quello di Torino in quanto il tasso di occupazione medio è molto minore: 48% invece che 94%. Come si vedrà meglio in seguito, il tasso d'occupazione è un parametro molto importante del modello; a tassi più bassi

corrispondono valori di fabbisogno specifico inferiori, poiché i valori vengono "spalmati" anche su superfici con fabbisogno specifico nullo (edifici non occupati).

Calcolando il tasso d'occupazione medio per le zone climatiche E ed F si nota una variabilità molto accentuata: il 92% per la zona E ed il 58% per la F.

L'estensione su tutta la Provincia di Torino dei due modelli individuati (Torino e Coazze), definiti utilizzando questa procedura è basata sulla normalizzazione del fabbisogno rispetto ai dati climatici, attraverso l'applicazione del rapporto tra i gradi-giorno dei comuni oggetto dell'estensione ed i comuni di riferimento, e considerando inoltre il tasso d'occupazione medio comunale e di sezione di censimento (ISTAT [2001]).

Applicando il modello delle Figure 1 e 2 ed utilizzando le classi energetiche della Regione Piemonte¹ (secondo la D.G.R. n. 43-11965 del 4 agosto 2009), nelle Tabelle 1 e 2 si nota una prevalenza di edifici nella classe energetica E (24,5%) ed F (23,5%); in questo caso le classi energetiche della Regione Piemonte sono utilizzate solo a fini di rappresentazione in quanto il fabbisogno termico non è quello calcolato per la certificazione energetica ma è il consumo reale. Il fabbisogno specifico medio, ottenuto applicando il modello sopra descritto al tessuto edilizio della Provincia di Torino, utilizzando il software QGIS, è pari a 219 kWh/(m²a). Nelle Tabelle 1 e 2 si nota anche che quasi il 90% di edifici è stato costruito prima degli anni '80 (prima dell'applicazione delle leggi sul contenimento dei consumi energetici) e che il 55% di edifici ha un fattore di forma elevato; quindi gli edifici essendo anche nelle zone climatiche E ed F avranno un fabbisogno di energia elevato.

Classe energetica	Periodo di costruzione								Totale
	<1918	1919-45	1946-60	1961-70	1971-80	1981-90	1991-2000	>2001	
A+	1.000	75	69	110	364	21	54	92	0,7%
A	417	18	250	261	148		28	66	0,5%
B	1.400	202	768	396	205	17	123	219	1,4%
C	2.693	955	953	579	705	397	3.080	2.132	4,8%
D	3.667	3.319	6.742	8.055	5.508	1.287	5.019	7.906	17,4%
E	6.392	8.222	17.639	17.099	5.824	473	697	1.952	24,4%
F	9.711	10.278	19.702	13.640	1.766	64	282	750	23,5%
G	14.518	11.557	17.275	7.819	586	12	99	287	21,8%
NC	5.037	3.392	3.347	1.183	23		5	28	5,4%
Totale	18,8%	15,9%	27,9%	20,6%	6,3%	1,0%	3,9%	5,6%	238.959

Tabella 1. Edifici con diversa epoca di costruzione e classe energetica per la Provincia di Torino.

Classe energetica	Fattore di forma				Totale complessivo
	S/V>0,71	0,56<S/V≤0,71	0,45<S/V≤0,56	S/V≤0,45	
A+	1.296	220	180	89	0,5%
A	648	256	170	114	0,7%
B	2.015	805	347	163	1,4%
C	4.557	2.520	1.853	2.564	4,8%
D	11.406	8.892	4.975	16.230	17,4%
E	17.301	23.205	11.191	6.601	24,4%
F	38.053	15.396	2.454	290	23,5%
G	44.586	5.921	1.308	338	21,8%
NC	12.514	466	35		5,4%
Totale	55%	24%	9%	11%	238.959

Tabella 2. Numero di edifici con diverso fattore di forma e classe energetica per la Provincia di Torino.

Il fattore demografico correttivo

Il modello fin qui descritto considera il tasso d'occupazione medio per sezione di censimento, utilizzando il numero di alloggi occupati sul totale degli alloggi presenti per stimare il volume riscaldato reale, necessario per calibrare i modelli ed ottenere le rette delle Figure 1 e 2. Applicando tuttavia questo modello ai Comuni della Provincia e moltiplicando i valori di fabbisogno specifico per le superfici utili, si ottengono valori di fabbisogno assoluto molto superiori ai valori reali registrati nei Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile dei Comuni della Provincia aderenti al Patto dei Sindaci (AA.VV. [2010]). Ciò è spiegabile attraverso un'analisi più attenta dei dati demografici, che mette in luce una

¹ Classe A+: < 27 kWh/(m²a), classe A: 27-43 kWh/(m²a), classe B: 44-81 kWh/(m²a), classe C: 82-142 kWh/(m²a), classe D: 143-200 kWh/(m²a), classe E: 201-248 kWh/(m²a), classe F: 249-299 kWh/(m²a), classe G: 300-435 kWh/(m²a) e classe NC: > 435 kWh/(m²a).

percentuale reale di volume non riscaldato molto più alta di quella registrata dal censimento ISTAT. Assumendo infatti che ogni abitante di Torino disponga mediamente di 30 m² di superficie lorda di pavimento, SUL (Legge Urbanistica Regionale 56/77) e dividendo quindi la SUL complessiva (moltiplicata per il tasso d'occupazione) per questo parametro pro-capite, si ottiene una popolazione teorica superiore alla popolazione reale (registrata dal database DemoISTAT²), con un rapporto molto simile a quello riscontrato precedentemente tra fabbisogno teorico globale ed il consumo reale. Questa anomalia demografica, riscontrabile per tutti i Comuni della Provincia ai quali è stato applicato il modello, mette in luce il fatto che, mediamente, la superficie lorda di pavimento pro-capite è maggiore di quella teorica (pari a 50 m² per il Comune di Torino e a 183 m² per la Provincia di Torino). Questo significa che, nonostante i modelli calcolati descrivano bene i fabbisogni energetici di edifici occupati o non occupati, secondo i dati di censimento di ISTAT, essi non comprendono a fondo la variabilità spaziale degli usi di quegli spazi occupati o l'estensione reale degli spazi non occupati, in particolar modo nelle aree montane. Si è deciso quindi di adottare un fattore correttivo, denominato di seguito fattore demografico correttivo, che tenga in considerazione il rapporto tra la popolazione teorica (SUL complessiva * tasso medio d'occupazione / parametro SUL pro-capite) e la popolazione reale. L'applicazione del fattore su ogni edificio residenziale determina ovviamente un abbassamento del fabbisogno specifico, essendo lo stesso applicato ad una superficie utile maggiore. A titolo esemplificativo, si riporta nella Tabella 3 il valore del tasso di occupazione ISTAT (considerato nei modelli per la loro calibrazione) e del fattore demografico correttivo (applicato in seguito ai risultati dei modelli) per alcuni Comuni della Provincia di Torino.

Comune	Tasso d'occupazione ISTAT 2001	Fattore demografico correttivo
Torino	94%	52%
Coazze	48%	42%
Sestriere	12%	107%
Ivrea	93%	30%
Pinerolo	93%	38%

Tabella 3. Tasso di occupazione medio del censimento ISTAT 2001 e fattore demografico correttivo.

Applicando il fattore demografico correttivo in Tabella 3, il tasso di occupazione effettivo per Torino diventa del 49% e anche ad Ivrea e a Pinerolo diminuisce molto passando dal 93% a valori rispettivamente del 28 e 35%; a Coazze passa dal 48 al 20%. Nei comuni montani, come ad esempio a Sestriere dove è molto alta la presenza di seconde case, il tasso di occupazione è già molto basso e in quindi in questo caso il tasso di occupazione effettivo sale al 13%.

I risultati del modello GIS, corretti attraverso l'applicazione del fattore demografico correttivo, sono compatibili con i risultati di consumo riassunti all'interno dell'Ottavo rapporto sull'energia in Provincia di Torino (AA.VV. [2011]). L'applicazione del fattore demografico correttivo determina un abbassamento del fabbisogno specifico medio di energia primaria da 186 kWh/(m²a) a 96 kWh/(m²a) per la città di Torino e da 219 kWh/(m²a) a 79 kWh/(m²a) per la Provincia di Torino.

Per Torino, a valle dell'applicazione del fattore demografico correttivo, la classe energetica più numerosa è la C³, con addirittura il 73% degli edifici; inoltre, come ci saremmo aspettati dal modello utilizzato: gli edifici più vecchi appartengono alle classi più energivore e gli edifici più compatti appartengono alle classi energetiche migliori, mentre quelli con fattore di forma maggiore, più disperdenti, a classi energetiche peggiori.

Come si può osservare dalle Tabelle 4 e 5, per la Provincia di Torino la classe energetica prevalente è sempre la C, nonostante il clima sia mediamente più rigido rispetto a quello di Torino e con edifici meno compatti (l'80% di edifici ha un fattore di forma S/V > 0,56); questo dato è legato all'applicazione del fattore demografico correttivo, che incide molto di più nelle zone montane rispetto all'area metropolitana.

Classe energetica	Periodo di costruzione								Totale
	< 1918	1919-45	1946-60	1961-70	1971-80	1981-90	1991-2000	> 2001	
A+	2.830	396	573	490	553	29	1.219	985	3,0%
A	5.002	2.231	3.365	2.160	1.215	89	2.826	4.307	8,9%
B	13.375	10.264	20.286	16.382	7.570	1.198	4.554	6.753	33,6%
C	15.235	17.489	33.014	25.554	5.573	936	750	1.297	41,8%
D	6.094	5.951	8.079	4.091	211	19	30	88	10,3%
E	1.507	1.217	1.120	382	6		6	2	1,8%
F	438	333	231	62	1		1		0,4%
G	280	128	69	21			1		0,2%
NC	74	9	8						0,1%
Totale	18,8%	15,9%	27,9%	20,6%	6,3%	1,0%	3,9%	5,6%	238.959

Tabella 4. Numero di edifici con diversa epoca di costruzione e classe energetica per la Provincia di Torino.

² Popolazione residente – anno 2006: <http://demo.istat.it/archivio.html>.

³ Classe C: 82-142 kWh/(m²a).

Classe energetica	Fattore di forma				Totale complessivo
	S/V>0,71	0,56<S/V≤0,71	0,45<S/V≤0,56	S/V≤0,45	
A+	3.960	1.899	877	339	3,0%
A	8.699	7.968	3.264	1.264	8,9%
B	40.758	24.235	8.205	7.184	33,6%
C	51.690	20.927	9.767	17.464	41,8%
D	21.759	2.411	313	80	10,3%
E	3.971	144	67	58	1,8%
F	956	90	20	0	0,4%
G	492	7	0	0	0,2%
NC	91	0	0	0	0,1%
Totale	55%	24%	9%	11%	238.959

Tabella 5. Numero di edifici con diverso fattore di forma e classe energetica per la Provincia di Torino.

In Figura 3 viene rappresentato in consumo termico specifico medio dei comuni della Provincia di Torino. Il consumo termico dipende da molti fattori tra cui: il clima, l'epoca di costruzione, la compattezza, il tasso di occupazione degli edifici ed in particolare della superficie lorda di pavimento pro-capite. Si può distinguere il comune con il consumo energetico medio specifico più alto, rappresentato "in rosso", che è Prarostino con un EP_{gl} di 264 kWh/(m²a); Prarostino infatti presenta delle caratteristiche peculiari: ha il 48% di edifici costruiti prima del 1918, il 70% di edifici singoli, un tasso di occupazione effettivo, corretto dal fattore demografico, pari al 53% (più alto rispetto alla media provinciale del 31%) e si trova in zona climatica F con 3352 GG. Nella zona collinare a Sud-Est di Torino è possibile distinguere Pecetto in "verde", con un basso consumo specifico perché è caratterizzato da un basso tasso di occupazione effettivo (corretto dal fattore demografico) pari al 14%. Per i comuni in grigio (Novalesa e Venaus) non è stato possibile applicare la procedura in quanto manca il dato relativo all'altezza degli edifici.

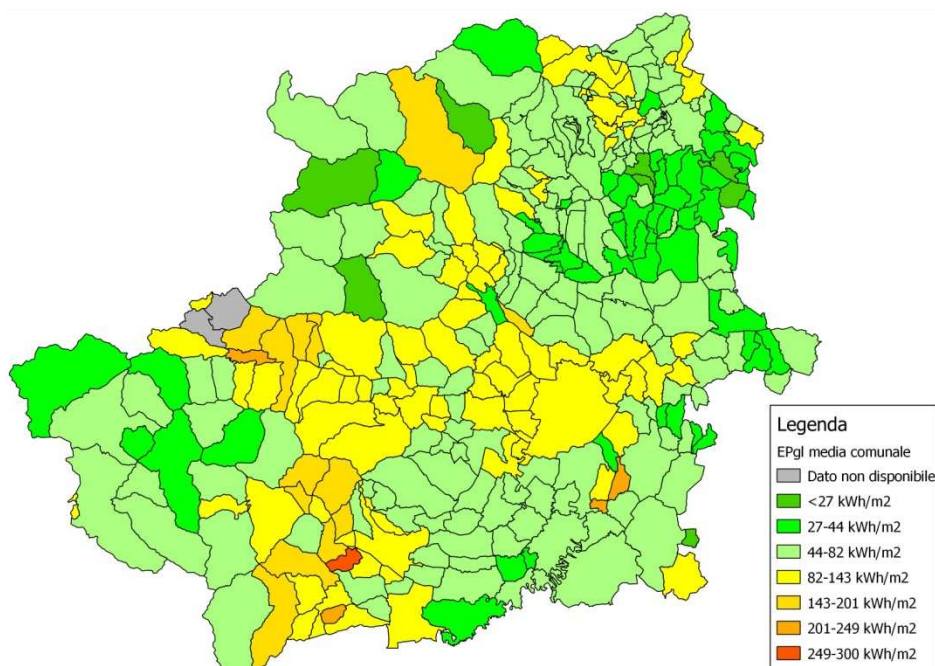


Figura 3. Rappresentazione del consumo specifico termico medio EP_{gl} per i comuni della Provincia di Torino.

L'obiettivo di questo lavoro è di realizzare una procedura che può essere estesa a qualsiasi territorio con caratteristiche climatiche diverse ed un costruito differente, con un livello di approssimazione che dipenderà dalla disponibilità e qualità dei dati di partenza (vedi anche il lavoro effettuato sulla città di Ferrara da Fabbri, Zuppiroli e Ambrogio [2012]).

Gli indicatori e le classi di fattibilità degli interventi di riqualificazione energetica

In questo paragrafo viene descritta la metodologia per definire quale sarà la fattibilità degli interventi di riqualificazione energetica sul parco edilizio residenziale esistente nella Provincia di Torino. Per calcolare la reale fattibilità degli interventi di riqualificazione energetica sono stati utilizzati i dati socio-economici relativi al censimento della

popolazione e delle abitazioni del 2001, non essendo ancora disponibili dati più recenti. La metodologia che è stata sviluppata mira tuttavia ad essere facilmente replicabile sia in altri contesti territoriali, sia in tempi diversi, con l'obiettivo di un progressivo aggiornamento e miglioramento dei risultati.

I dati socio-economici utilizzati

Per realizzare l'analisi socio-economica sono stati utilizzati i dati del "R01_DatiCPA_2001" (ISTAT [2011]) che raccolgono tutti i risultati del censimento della popolazione e delle abitazioni del 2001; tali dati fanno riferimento alle sezioni di censimento e dunque saranno associati a tutti gli edifici appartenenti alla stessa sezione di censimento.

Di seguito si riportano i campi relativi a tutte le sezioni di censimento degli edifici ad uso abitativo ricadenti all'interno della Provincia di Torino (per un totale di 10,858 sezioni di censimento) che sono stati considerati significativi per questo lavoro:

- Codice ISTAT del Comune;
- Codice della sezione di censimento;
- popolazione residente;
- popolazione residente per fascia d'età (<24, 25-64, >64);
- popolazione residente in età scolare (>6);
- popolazione residente per titolo di studio acquisito (licenza elementare, licenza di scuola media, licenza di scuola superiore, laurea);
- popolazione in età attiva (15-64);
- forza lavoro occupata;
- forza lavoro disoccupata;
- abitazioni totali;
- abitazioni occupate in proprietà;
- edifici ad uso abitativo;
- edifici suddivisi per numero di interni presenti (<2, >2).

Questi parametri sono stati utilizzati per creare cinque fattori che contribuiscono a calcolare la fattibilità socio-economica degli interventi di riqualificazione energetica sugli edifici residenziali.

I cinque fattori socio-economici

Ai fini di determinare un indicatore per valutare la reale fattibilità degli interventi di riqualificazione energetica negli edifici residenziali, sono stati selezionati i seguenti fattori socio-economici:

1. *Il fattore età (fe)*: calcolato dividendo la popolazione residente inclusa nella fascia d'età compresa tra i 25 ed i 64 anni per la popolazione residente totale; la popolazione nella fascia di età compresa tra i 25 ed i 64 anni rappresenta quella con maggiore sensibilità ai temi energetici sia da un punto di vista anagrafico (è più difficile che una persona anziana sia sensibile a questi temi, in particolar modo perché i tempi di ritorno dell'investimento sono spesso superiori ai dieci anni), sia da un punto di vista economico (i giovani e le persone anziane dispongono normalmente di entrate più limitate).
2. *Il fattore istruzione (fi)*: calcolato dividendo la popolazione residente con licenza di scuola superiore o laurea per la popolazione residente totale; un maggior livello di istruzione determina una maggiore sensibilità delle persone ai temi ambientali, aumentando pertanto la loro consapevolezza delle dinamiche correlate al cambiamento climatico in atto, delle politiche energetiche e dei possibili interventi realizzabili sul proprio edificio per poter ridurre i consumi energetici e di conseguenza i costi della propria bolletta.
3. *Il fattore occupazione (fo)*: calcolato dividendo la forza lavoro occupata per la popolazione residente in età attiva (15-64 anni); il tasso di occupazione incide in modo rilevante sulla capacità d'investimento dei cittadini: un elevato tasso di disoccupazione determina altre priorità ed un basso interesse verso gli interventi di riqualificazione energetica che prevedono tempi di ritorno pluriennali, oltre a limitare la capacità di ottenere finanziamenti bancari per far fronte a questi investimenti.
4. *Il fattore proprietà (fp)*: calcolato dividendo il numero di abitazioni occupate in proprietà per il numero di abitazioni occupate totali; questo fattore mette in evidenza la diversa fattibilità degli interventi di riqualificazione realizzati in abitazioni in affitto rispetto alle abitazioni occupate dai proprietari; un locatario ha un interesse molto inferiore rispetto a quello di un proprietario in virtù della temporaneità della propria condizione ed il proprietario non ha alcun interesse a ridurre il costo energetico dell'abitazione perché non è lui stesso a doverlo sostenere.
5. *Il fattore condominio (fc)*: calcolato dividendo il numero di edifici ad uso abitativo con numero di interni inferiore a due per il totale degli edifici ad uso abitativo; in un edificio condominiale, la realizzazione di qualsiasi intervento sull'edificio deve essere presa a livello collegiale e quindi è più complicato intervenire.

Al crescere di questi fattori, cresce anche la fattibilità socio-economica degli interventi di riqualificazione energetica sugli edifici. Questi fattori sono stati determinati partendo dai dati del censimento della popolazione e delle abitazioni risalente al 2001 e quindi potrebbe risultare poco rappresentativo della situazione odierna ma, come già indicato, questa procedura può essere aggiornata facilmente attraverso i nuovi dati sulle sezioni di censimento o ancor meglio se si avessero i dati specifici per ogni edificio.

Definizione della fattibilità socio-economica

Ciascuno dei cinque fattori socio-economici contribuisce alla definizione di un indicatore finale di fattibilità degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici residenziali. Tuttavia, ogni fattore assume un peso diverso a seconda della sua importanza in relazione all'obiettivo dell'analisi; è dunque necessario definire dei pesi ai diversi fattori per ottenere un indicatore complessivo di fattibilità socio-economica che sarà espresso con un valore compreso tra 0 e 1. La prima operazione da compiere, prima dell'attribuzione dei pesi, è la normalizzazione dei valori dei cinque fattori rispetto al loro valor medio. In effetti, ogni fattore presenta un valore medio che dipende sostanzialmente dalla grandezza che descrive.

Come si evince dalla Tabella 6 il fattore occupazione, ad esempio, ha un valore medio pari a 0,93, mentre per il fattore istruzione esso è pari a 0,33. La normalizzazione dei cinque fattori viene effettuata in modo da avere per tutte le variabili un valor medio pari a 0,5 e moltiplicando quindi il valore dei diversi fattori per $0,5/(\text{valor medio})$; in questo modo tutte le variabili hanno inizialmente la stessa influenza sulla fattibilità degli interventi di riqualificazione.

	Fattore età (fe)	Fattore istruzione (fi)	Fattore occupazione (fo)	Fattore proprietà (fp)	Fattore condominio (fc)
Valor medio	0,58	0,33	0,93	0,55	0,59
Peso	0,30	0,20	0,20	0,15	0,15

Tabella 6. Il valor medio per i cinque fattori socio-economici delle sezioni di censimento della Provincia di Torino.

I pesi attribuiti ai cinque fattori sono riportati in Tabella 6; la scelta dei pesi è stata fatta in modo che la loro somma fosse pari ad uno, con il peso massimo attribuito al fattore età; per il fattore istruzione ed il fattore occupazione è stato attribuito un peso intermedio, mentre al fattore proprietà ed al fattore condominio è stato attribuito il peso minore.

L'attribuzione di un peso a ciascun fattore ha consentito di calcolare un indicatore finale di fattibilità F, ottenuto sommando i cinque fattori socio-economici moltiplicati ognuno per il proprio peso relativo (per ogni sezione di censimento):

$$F = 0,30 \cdot fe + 0,20 \cdot fi + 0,20 \cdot fo + 0,15 \cdot fp + 0,15 \cdot fc.$$

Considerando tutte le sezioni di censimento della Provincia di Torino, l'indicatore di fattibilità F ha un valor medio di 0,5 ed una deviazione standard di 0,08.

L'indicatore di fattibilità F è quindi un parametro che permette di valutare in chiave socio-economica la partecipazione dei cittadini alle politiche di risparmio energetico, rappresentando di fatto la percentuale di persone che tendenzialmente potrebbero realizzare alcuni interventi di riqualificazione nella propria abitazione e quindi consente anche di valutare la riduzione dei consumi energetici per ogni edificio residenziale della Provincia di Torino.

Utilizzando il valore medio (0,5) e la deviazione standard (0,08) dell'indicatore di fattibilità F sono state costruite quattro classi di fattibilità che hanno consentito di attribuire i diversi livelli di riqualificazione energetica agli edifici residenziali della Provincia di Torino.

Sono state provate diverse alternative e la scelta finale di classificazione è stata effettuata in modo che le classi intermedie avessero un numero di edifici significativi (come si può notare anche dalla Figura 4):

- Classe 1. Inferiore alla media meno la deviazione standard
- Classe 2. Compresa tra la media meno la deviazione standard e la media
- Classe 3. Compresa tra la media e la media più la deviazione standard
- Classe 4. Superiore alla media più la deviazione standard.

Fattibilità	Classe 1 bassa	Classe 2 media	Classe 3 alta	Classe 4 molto alta
intervallo	< 0,42	0,42-0,50	0,50-0,58	> 0,58

Tabella 7. Campo di variabilità dell'indicatore di fattibilità per individuare le quattro classi di fattibilità.

Numero di edifici	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Provincia di Torino	142.986	446.969	416.308	69.343
Comune di Torino	87.358	229.594	96.578	13.211

Tabella 8. Numero di edifici per le quattro classi di fattibilità.

Nelle Tabelle 7 e 8 sono riportate le classi di fattibilità, il loro intervallo di riferimento ed il numero di edifici ad uso abitativo ricadenti in ciascuna classe, considerando tutta la Provincia di Torino ed il Comune di Torino.

In Figura 4 sono rappresentate le percentuali di edifici che appartengono alle quattro classi di fattibilità per la Provincia di Torino e per il Comune di Torino. La classe prevalente è sempre la classe media, seguita da quella alta.

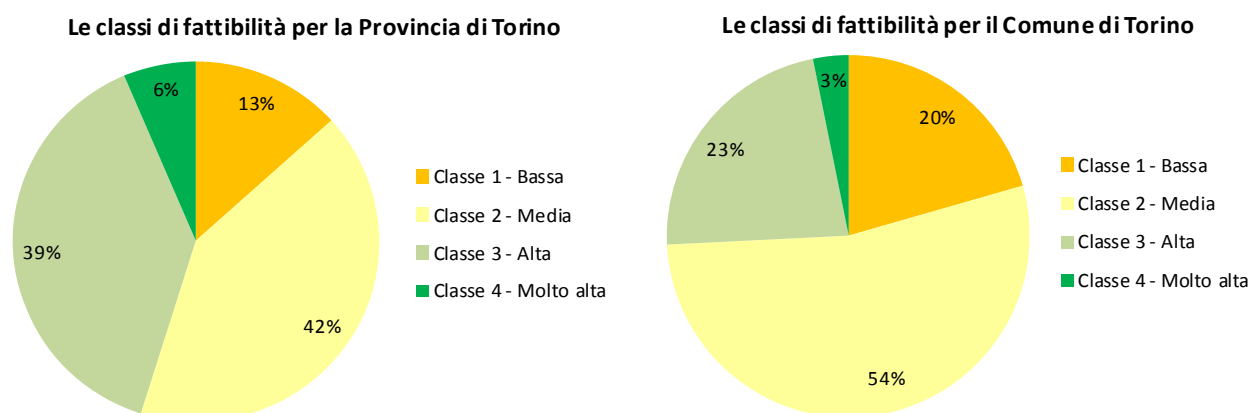


Figura 4. Percentuale di edifici per classi di fattibilità degli interventi di riqualificazione energetica.

In Figura 5 sono rappresentate le sezioni di censimento con le classi di fattibilità per la Provincia di Torino e per il Comune di Torino. L'obiettivo di questa analisi è l'individuazione delle zone in cui è maggiore la possibilità di realizzare interventi di riqualificazione energetica e quindi individuare il reale potenziale di risparmio energetico sugli edifici residenziali.

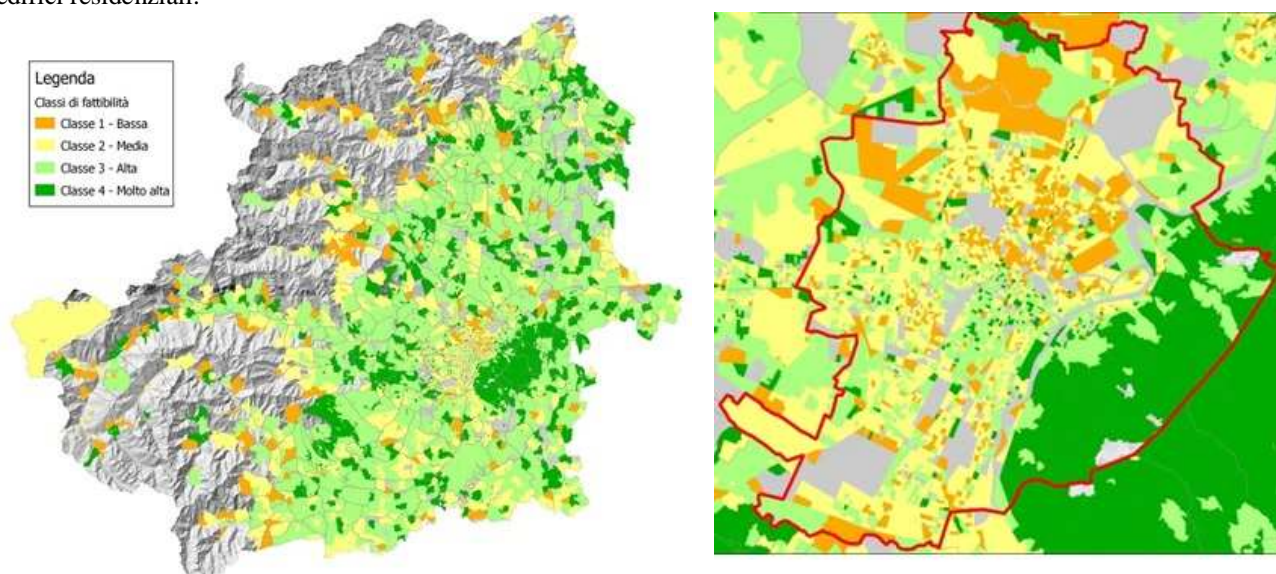


Figura 5. Le classi di fattibilità degli interventi di riqualificazione energetica per gli edifici residenziali della Provincia di Torino e per il comune di Torino.

Gli interventi di riqualificazione energetica.

Le classi di fattibilità esprimono il potenziale di riqualificazione energetica degli edifici residenziali. L'identificazione delle quattro classi, descritta nel paragrafo precedente, permette di individuare un livello di riqualificazione diverso in funzione delle caratteristiche socio-economiche individuate.

La scelta degli interventi di riqualificazione energetica deriva sostanzialmente dall'analisi effettuata dall'ENEA sugli interventi di riqualificazione maggiormente realizzati negli ultimi anni, in seguito all'introduzione della detrazione fiscale del 55% (ENEA [2012]). Facendo riferimento ai dati degli interventi incentivati di riqualificazione energetica effettuati in Regione Piemonte, risulta che il 53% degli interventi è relativo alla sostituzione degli infissi e il 34% alla sostituzione della caldaia tradizionale con una a condensazione; i restanti interventi riguardano principalmente l'installazione del solare termico per il 10% e infine con l'1% l'isolamento termico delle pareti verticali e con l'1% quello di coperture e solai.

Si è quindi scelto di partire con la sostituzione degli infissi per la classe 1, poi progredire anche con la sostituzione della caldaia per la classe 2; la classe 3 aggiunge alla sostituzione degli infissi, anche l'isolamento termico della copertura e

del solaio inferiore dell'edificio; infine per la classe 4 si prevede una riqualificazione globale dell'edificio considerando tutti gli interventi delle classi precedenti, più l'isolamento delle pareti verticali con una cappottatura.

In Tabella 9 sono sintetizzati gli interventi di riqualificazione energetica distinti per le quattro classi di fattibilità. Alle classi più elevate viene progressivamente aggiunta un'ulteriore azione di riqualificazione rispetto alle classi precedenti e per ciascun set d'azioni viene individuato il risparmio energetico atteso. L'analisi effettuata sulla Provincia di Torino ipotizza che non tutti gli edifici ricadenti in una determinata classe di fattibilità vengano riqualificati attraverso la realizzazione immediata di tutti gli interventi descritti nella Tabella 9 ma si prevede, viceversa, che la loro realizzazione avvenga in modo graduale negli anni attraverso la percentuale indicata in Figura 6.

Classe 1 ($F < 0,42$)	Sostituzione infissi	
Classe 2 ($0,42 \leq F < 0,5$)	Sostituzione infissi	+ Sostituzione caldaia
Classe 3 ($0,5 \leq F \leq 0,58$)	Sostituzione infissi	+ Isolamento sottotetto e solaio
Classe 4 ($F > 0,58$)	Sostituzione infissi	+ Isolamento sottotetto e solaio
	+ Sostituzione caldaia	+ Isolamento pareti verticali

Tabella 9. Gli interventi di riqualificazione energetica associati alle quattro classi di fattibilità.

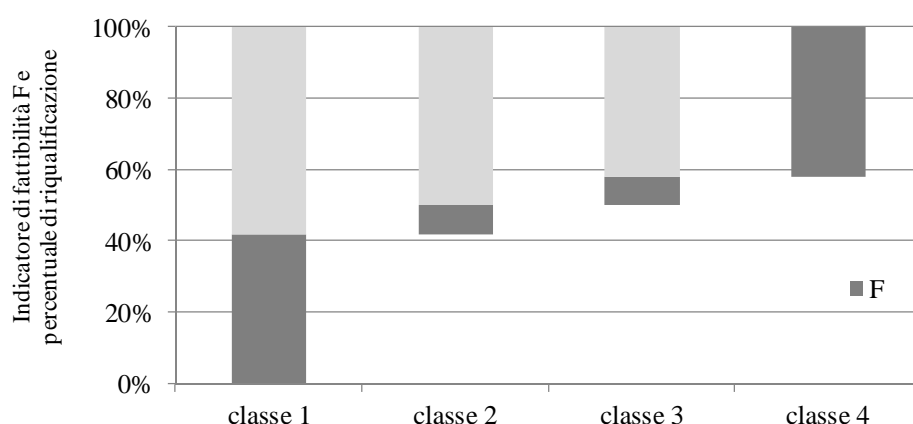


Figura 6. Relazione tra l'indicatore di fattibilità F e la percentuale di riqualificazione energetica.

Nei paragrafi successivi verrà applicata la procedura descritta facendo attenzione ai vincoli presenti sul territorio. La procedura, di seguito descritta, terrà conto principalmente di due zone in cui gli interventi descritti in Tabella 9 non si possono applicare tout court: il centro storico e la zona teleriscaldata.

L'effetto localizzativo

L'applicazione dell'indicatore di fattibilità dipende anche da alcuni parametri spaziali di tipo localizzativo: la presenza di aree servite da una rete del teleriscaldamento ed i centri storici. In entrambi questi ambiti gli interventi realizzabili sono limitati, rispetto a quelli indicati in Tabella 9, per differenti ragioni: nel caso delle aree teleriscaldate, negli edifici non essendovi una caldaia condominiale bensì uno scambiatore di calore, non si potrà intervenire con la sostituzione della caldaia. Nei centri storici, invece, la limitazione consiste nella possibilità che sull'edificio insistano alcuni vincoli architettonici o che le procedure autorizzative siano più complesse e tali da rendere difficile la realizzazione di una cappottatura esterna dell'involucro edilizio; l'isolamento termico delle pareti dall'interno o per insufflaggio nell'intercapedine della cassavolta non sono stati considerati una valida alternativa al cappotto, perché nel caso di edifici esistenti comporterebbero troppe difficoltà di realizzazione e difficilmente garantirebbero gli stessi risultati di risparmio energetico.

In questo lavoro, per semplificazione, si è supposto che gli stessi interventi di riqualificazione siano applicati su tutti gli edifici di una zona, nonostante nella pratica possano sussistere casistiche differenti. A titolo esemplificativo, un edificio localizzato all'interno di un'area teleriscaldata, potrebbe non essere allacciato alla rete; oppure, un edificio localizzato nel centro storico potrebbe non essere sottoposto a vincoli di alcun tipo. La rete del teleriscaldamento, inoltre, è soggetta a progressive estensioni, che coprono ormai buona parte del territorio comunale di Torino, ma anche alcuni comuni della prima cintura ed altre realtà più periferiche; anche alla luce delle estensioni future della rete di teleriscaldamento, si è deciso di considerare in questa applicazione le aree teleriscaldabili alla stregua delle aree già teleriscaldate. Questa assunzione nasce da una duplice motivazione: gli ambiti teleriscaldabili, essendo stati censiti in occasione della redazione dello "Studio sul teleriscaldamento in Provincia di Torino" di Poggio et al. [2006] e nel 2009 con l'approfondimento realizzato per l'area metropolitana torinese di Poggio, Maga e Benedetti [2009], sono ad oggi in parte già esistenti; inoltre l'analisi socio-economica presentata in questo lavoro ha una prospettiva di medio-lungo periodo, in linea con le previsioni di sviluppo della rete.

Gli ambiti relativi ai centri storici sono stati ottenuti dalla mosaicatura dei PRG dei Comuni della Provincia di Torino, aggiornata all'anno 2012.

Come si evince dalla Tabella 10, il fattore localizzativo incide in modo decisivo sugli interventi realizzabili: circa il 17% degli edifici residenziali della Provincia di Torino ricadono all'interno di centri storici, mentre il 22% degli edifici rientra in un ambito teleriscaldato o potenzialmente teleriscaldabile. In quest'ultimo caso, è molto forte l'incidenza del teleriscaldamento nell'area metropolitana torinese, che serve e servirà nel futuro il 65% della popolazione complessiva della Provincia.

	Centri storici	Aree teleriscaldate o teleriscaldabili
Percentuale di edifici %	17%	22%

Tabella 10. L'incidenza del fattore localizzativo.

La fattibilità degli interventi di riqualificazione ed il fattore localizzativo

Il fattore localizzativo incide sull'applicazione dell'indicatore di fattibilità. In particolar modo, nel caso delle aree teleriscaldate, l'impossibilità di sostituire la caldaia determina la decadenza della classe 2 di fattibilità, nella quale si assumeva che gli interventi realizzabili consistessero nella sostituzione dei serramenti e della caldaia; anche nella classe 4 non si avrà più la sostituzione della caldaia. Quindi le classi rimangono solo tre e si è deciso di ripartire gli edifici in modo uguale tra la classe 1 e 3 come riportato in Tabella 11. Nella stessa tabella è anche riportato il caso degli edifici ricadenti all'interno dei centri storici: la tendenziale difficoltà nel realizzare la cappottatura dell'edificio si traduce operativamente nella decadenza dell'ultima classe individuata nell'analisi socio-economica, la classe 4, sostituita dalla classe 3-4. Infine, nel particolare caso in cui l'edificio rientri sia nell'area del centro storico, sia nell'area teleriscaldata, le classi di fattibilità diventano 2, decadendo sia la classe 4, sia la classe 2.

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Classi di fattibilità	bassa	media	alta	molto alta
Intervallo iniziale	< 0,42	0,42-0,50	0,50-0,58	> 0,58
Teleriscaldamento	< 0,46	-	0,46-0,58	> 0,58*
Centri storici	< 0,42	0,42-0,50	$\geq 0,50^{**}$	
Centri storici e teleriscaldamento	< 0,46	-	$\geq 0,46$	-

Tabella 11. Campo di variabilità dell'indicatore di fattibilità per individuare le quattro classi di fattibilità (*interventi senza la sostituzione della caldaia, **con sostituzione della caldaia).

Valutazione del risparmio energetico.

Il risparmio energetico a seguito degli interventi di riqualificazione energetica sul parco edilizio esistente della Provincia di Torino è stato effettuato facendo riferimento ai dati di consumo reali ed a calcoli effettuati su alcuni gli edifici-tipo scelti per diverse epoche di costruzione e differenti fattori di forma (cfr. Pairona [2013]).

Le misure di riqualificazione energetica sono state valutate in base alle recenti disposizioni legislative in merito ai requisiti degli edifici per poter accedere incentivi nazionali (D.M. 28 dicembre 2012) o regionali (D.G.R. 4 Agosto 2009, n. 46-11968). In particolare, a seguito dell'intervento di coibentazione termica, si ipotizza di conseguire i seguenti valori di trasmittanza termica U per:

- le strutture opache orizzontali (coperture): $U = 0,20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- le strutture opache orizzontali (solai): $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- le strutture opache verticali: $U = 0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
- la sostituzione di chiusure trasparenti e infissi: $U = 1,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Per quanto riguarda invece la sostituzione della caldaia, si è ipotizzato di arrivare ad avere un rendimento globale medio stagionale dell'impianto pari all'80% (in quanto si cambia la sola caldaia ma i restanti sottosistemi impiantistici rimangono quelli esistenti, cfr. Mutani e Vicentini [2013]).

Nelle Tabelle 12, 13 e 14 è riportata la sintesi dei risparmi conseguibili per tipologia edilizia ed epoca di costruzione, considerando l'applicazione del fattore localizzativo. Nella valutazione del risparmio energetico atteso, nel caso di edifici plurifamiliari con impianto di riscaldamento autonomo, i risparmi ottenibili attraverso la realizzazione degli interventi della classe 2 (sostituzione degli infissi e della caldaia) sono talvolta superiori a quelli ottenibili in classe 3 (sostituzione infissi ed isolamento di copertura e solaio inferiore). In particolare questo avviene per certe epoche di costruzione degli edifici, dal 1946 al 1980 e dal 1991 al 2005. In questi casi è stata prevista per le classi 2 e 3 un'inversione degli interventi realizzati nell'edificio; a titolo esemplificativo, in un edificio costruito negli anni '60 e con classe di fattibilità 2, verrà applicato il set di interventi della classe 3.

Nella Figura 7 sono rappresentati i risultati del risparmio energetico conseguibile attraverso l'applicazione delle politiche energetiche vigenti (attraverso le leggi nazionali e regionali) nel breve termine. In questo caso il risparmio energetico atteso dipende dall'indicatore di fattibilità. In particolare, si è assunto che solo una parte degli alloggi di ciascun edificio o di edifici all'interno della sezione di censimento (una percentuale pari all'indicatore di fattibilità F) realizzi nel breve periodo gli interventi previsti per la propria classe di appartenenza. Nella Provincia di Torino è possibile ipotizzare una riduzione media del 26% dei consumi nel breve periodo e del 19% per la città di Torino, inferiore rispetto alla media provinciale, perché si hanno molti edifici condominiali ed un'area "vincolata" molto ampia, in parte definita dal centro storico ed in parte teleriscaldato. Nelle zone collinari a Sud-Est di Torino, nei Comuni di Pecetto Torinese, Pino Torinese e Baldissero, invece, il risparmio medio a breve termine è del 42-43% perché non c'è il teleriscaldamento, ci sono meno zone vincolate ed hanno anche una percentuale di edifici mono o bi-familiari maggiore.

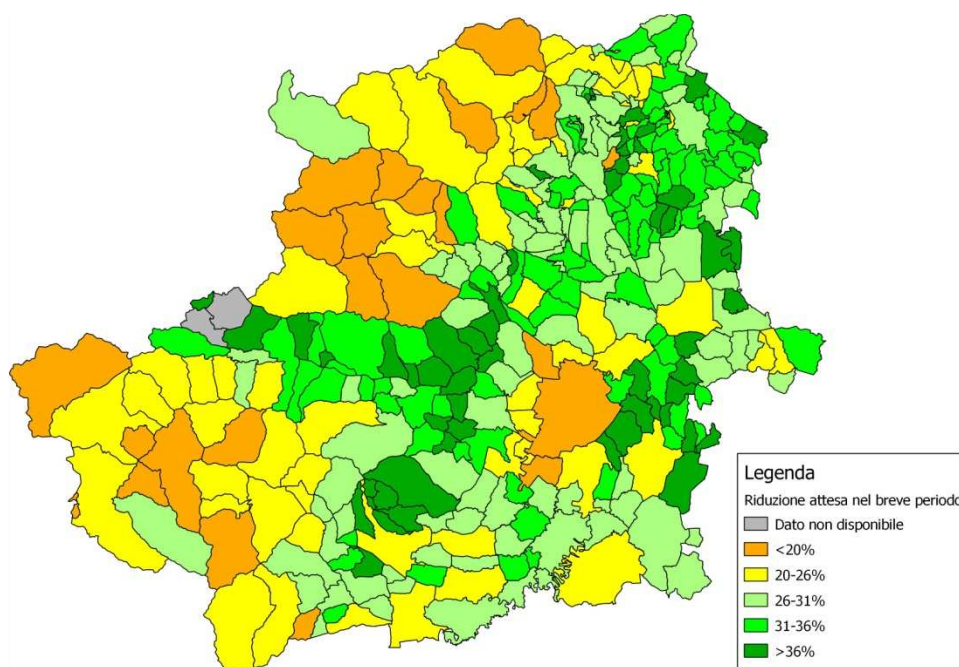


Figura 7. Risparmio energetico medio raggiungibile a breve termine nei Comuni della Provincia di Torino.

% di risparmio sull'EP _{gl} ottenibile			
Epoca di costruzione	S/V ≤ 0.71 (TELERISCALDAMENTO)		
	Classe 1	Classe 3	Classe 4
Fino al 1918	16,1%	32,5%	53,9%
Dal 1919 al 1945	16,1%	32,5%	53,9%
Dal 1946 al 1960	16,1%	26,8%	49,7%
Dal 1961 al 1970	16,1%	26,8%	49,7%
Dal 1971 al 1980	16,1%	26,8%	49,7%
Dal 1981 al 1990	6,5%	26,8%	49,7%
Dal 1991 al 2005	6,5%	11,9%	41,5%

Tabella 12. I risparmi ottenibili negli edifici plurifamiliari allacciati al teleriscaldamento (fonte: Pairona [2013]).

% di risparmio sull'EP _{gl} ottenibile					
Epoca di costruzione	S/V ≤ 0.71 (CALDAIA)				
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 3-4 (centri storici)	Classe 4
Fino al 1918	17,7%	36,8%	39,4%	52,0%	70,0%
Dal 1919 al 1945	17,7%	36,8%	39,4%	52,0%	70,0%
Dal 1946 al 1960	17,7%	36,8%	32,2%	45,8%	65,2%
Dal 1961 al 1970	17,7%	36,8%	32,2%	45,8%	65,2%
Dal 1971 al 1980	17,7%	36,8%	32,2%	45,8%	65,2%
Dal 1981 al 1990	6,0%	23,2%	32,2%	45,8%	65,2%
Dal 1991 al 2005	6,0%	23,2%	15,7%	27,9%	53,5%

Tabella 13. I risparmi ottenibili negli edifici plurifamiliari con caldaia (fonte: Pairona [2013]).

% di risparmio sull'EP _{gi} ottenibile				
Epoca di costruzione	S/V > 0.71 (CALDAIA)			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Fino al 1918	16,5%	27,2%	63,4%	89,2%
Dal 1919 al 1945	16,5%	27,2%	63,4%	89,2%
Dal 1946 al 1960	16,5%	27,2%	55,4%	82,3%
Dal 1961 al 1970	16,5%	27,2%	55,4%	82,3%
Dal 1971 al 1980	16,5%	27,2%	55,4%	82,3%
Dal 1981 al 1990	24,8%	33,3%	55,4%	82,3%
Dal 1991 al 2005	24,8%	33,3%	52,4%	73,4%

Tabella 14. I risparmi ottenibili negli edifici isolati con caldaia (fonte: Pairona [2013]).

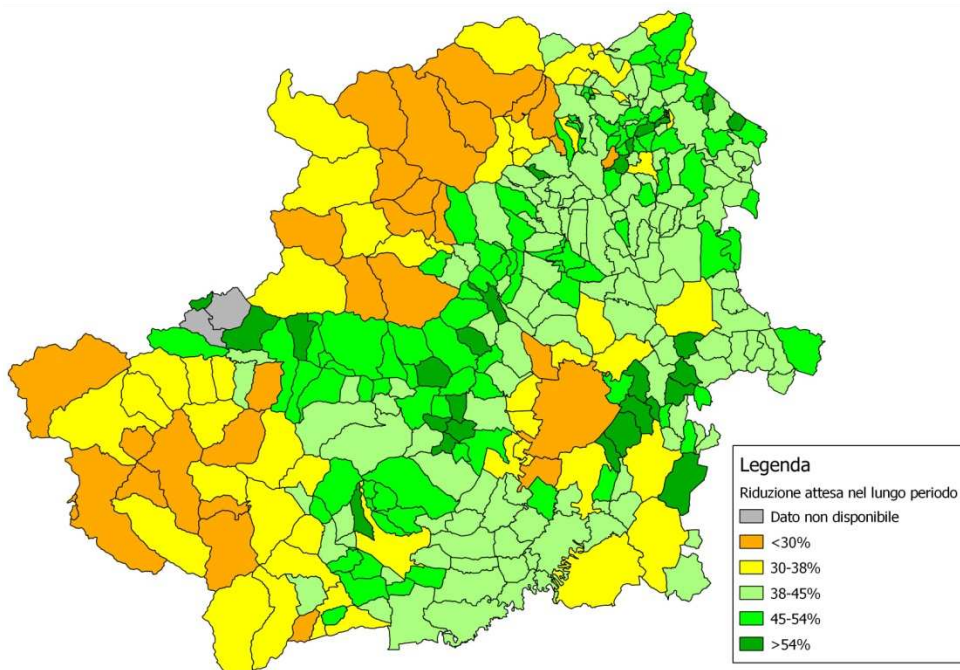


Figura 8. Risparmio energetico medio raggiungibile a lungo termine nei Comuni della Provincia di Torino.

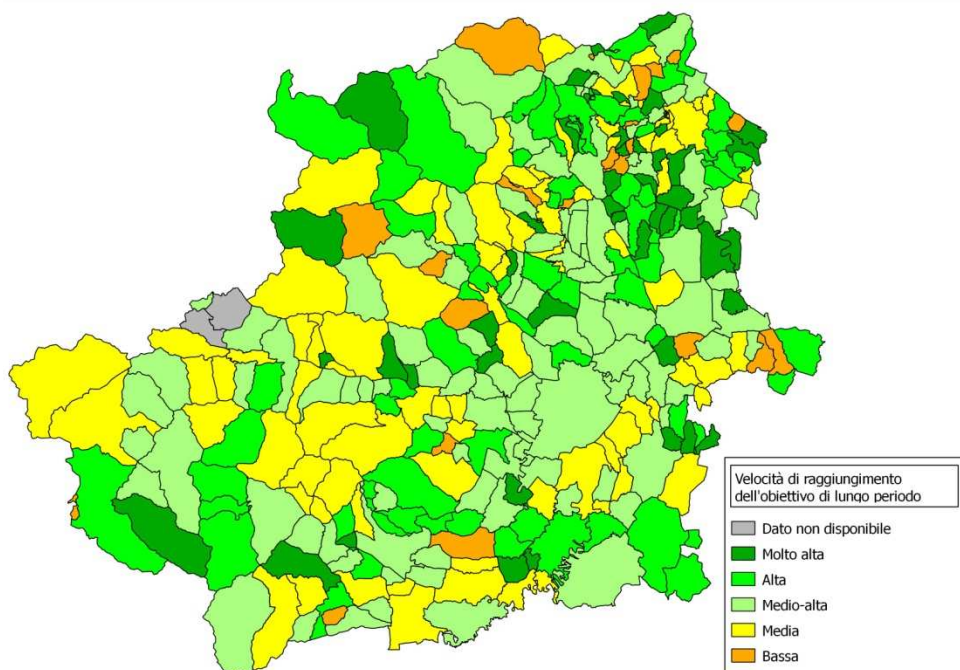


Figura 9. Velocità di raggiungimento dell'obiettivo di lungo periodo per i Comuni della Provincia di Torino.

In Figura 8 è indicata la quota di risparmio energetico conseguibile nel lungo periodo e in questo caso si assume che gli interventi previsti per la propria classe di fattibilità vengano realizzati da tutti gli alloggi all'interno di un edificio o da tutti gli edifici all'interno della propria sezione di censimento. Nella Provincia di Torino è possibile ipotizzare una riduzione media del 37% dei consumi nel lungo periodo e del 27% per la città di Torino.

In Figura 9 è rappresentata la velocità con la quale i comuni sono in grado di raggiungere l'obiettivo di lungo periodo dopo aver raggiunto quello di breve periodo. A Torino gli obiettivi di lungo periodo si raggiungeranno abbastanza velocemente, mentre, a titolo esemplificativo, nei comuni della collina a Sud-Est di Torino "in giallo", poiché è maggiore la differenza tra il risparmio a breve e a lungo termine, tale processo sarà più lento e difficile.

L'obiettivo di risparmio d'energia primaria del 20% al 2020, stabilito dal "pacchetto Energia" dell'Unione Europea, per il settore civile è realisticamente raggiungibile sia nel breve, sia nel lungo periodo (Bertini et al. [2012]).

Attraverso questo lavoro viene anche fissata una soglia massima di risparmio ottenibile per i diversi comuni della Provincia e viene indicata inoltre l'entità dello sforzo necessario per raggiungerlo; in questo modo le politiche comunali possono essere calibrate correttamente dall'amministrazione locale, anche tenendo conto della disponibilità dei cittadini ad investire nel settore energetico e quindi tenendo conto della fattibilità socio-economica.

Nelle Figure 9 e 10 sono rappresentati i risultati di questo lavoro per singolo edificio.

Nella Figura 9 è rappresentato il risparmio energetico conseguibile nel breve e lungo periodo per ogni edificio a Torino; poiché siamo in un'area teleriscaldata del centro storico il risparmio raggiungibile per l'edificio evidenziato è solo del 10-16%.

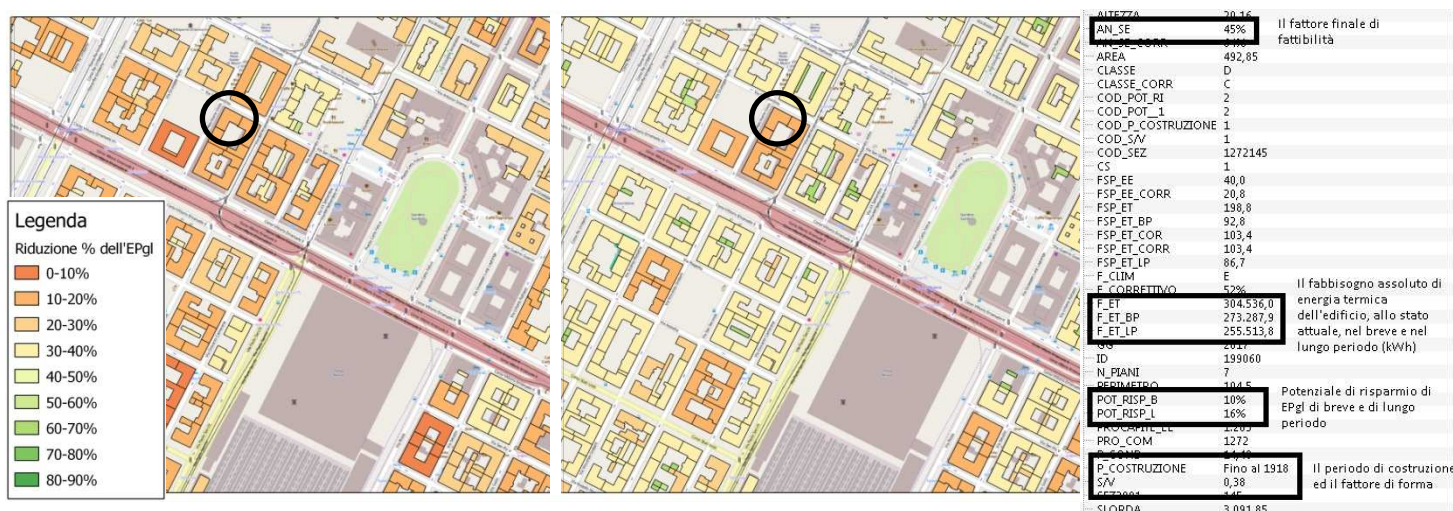


Figura 9. Risparmio energetico medio raggiungibile a breve e lungo termine nel comune di Torino



Figura 10. Risparmio energetico medio raggiungibile a breve e lungo termine nel comune di Pecetto (TO).

In Figura 10 è rappresentato il risparmio medio ottenibile nel breve e lungo periodo in una zona collinare a Sud-Est di Torino nel Comune di Pecetto. In questo caso non essendoci il teleriscaldamento e zone vincolate di centro storico, il risparmio energetico ottenibile è molto maggiore: 53-82%; sulla destra è possibile vedere in modo dettagliato tutte le informazioni relative al singolo edificio.

Nelle Tabelle 15 e 16 sono rappresentati i risparmi raggiungibili a breve e lungo termine. Nel breve periodo il 50% degli edifici riuscirà ad ottenere un risparmio non superiore al 30%. Nel lungo periodo, viceversa, il 50% degli edifici otterrà un risparmio superiore al 50% del proprio fabbisogno iniziale (nello scenario di breve periodo solo il 10% degli edifici ricadeva in questa fascia).

Epoca di costruzione	Riduzione attesa nel breve periodo									Totale
	0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	
Prima del 1919	1.352	10.733	12.534	10.061	4.865	5.210	71	8	1	44.835
1919-1945	1.550	7.215	10.295	8.569	5.025	5.322	42			38.018
1946-1960	2.243	11.194	20.269	14.445	14.450	4.130	10	4		66.745
1961-1970	1.781	7.314	11.659	10.536	12.780	5.054	18			49.142
1971-1980	550	2.666	3.473	2.665	3.652	2.106	17			15.129
1981-1990	289	507	479	329	308	359				2.271
1991-2000	835	2.291	1.649	2.037	2.558	16	1			9.387
Dal 2001	705	3.024	2.369	3.164	4.138	31	1			13.338
Totale	9.305	44.944	62.727	51.806	47.776	22.228	160	12	1	238.959
% sul totale	3,9%	18,8%	26,3%	21,7%	20,0%	9,3%	0,1%	0,0%	0,0%	-

Tabella 15. I risparmi ottenibili per epoca di costruzione nel breve periodo.

Epoca di costruzione	Riduzione attesa nel lungo periodo									Totale
	0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	
Prima del 1919	637	5.114	8.900	13.822		93	14.589	435	1.245	44.835
1919-1945	44	4.463	5.628	12.269		174	12.952	811	1.677	38.018
1946-1960	33	6.031	13.697	13.479	257	26.230	2.186		4.832	66.745
1961-1970	15	4.175	8.551	8.996	395	16.646	3.330		7.034	49.142
1971-1980	56	1.556	3.123	2.113	120	3.155	1.673		3.333	15.129
1981-1990	271		769	299	21	300	201		410	2.271
1991-2000	249	1.055	2.520	463	62	3.891		1.147		9.387
Dal 2001	247	1.062	3.337	926	93	6.034		1.733		13.432
Totale	1.552	23.456	46.525	52.367	948	56.523	34.931	4.126	18.531	238.959
% sul totale	0,6%	9,8%	19,5%	21,9%	0,4%	23,7%	14,6%	1,7%	7,8%	-

Tabella 16. I risparmi ottenibili per epoca di costruzione nel lungo periodo.

Ambiti	Riduzione attesa nel lungo periodo									Totale
	0-10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	50-60%	60-70%	70-80%	80-90%	
Centro storico	551	3.481	7.497	13.991	0	5.737	9.459	0	0	40.716
% centro storico	1,4%	8,5%	18,4%	34,4%	0,0%	14,1%	23,2%	0,0%	0,0%	100%
Teleriscaldamento TLR	584	15.900	20.612	4.554	948	6.444	1.145	97	1.271	51.555
% teleriscaldamento	1,1%	30,8%	40,0%	8,8%	1,8%	12,5%	2,2%	0,2%	2,5%	100%
Centro storico+TLR	7	381	562	1.098	0	97	311	0	0	2.456
% centro storico+TLR	0,3%	15,5%	22,9%	44,7%	0,0%	3,9%	12,7%	0,0%	0,0%	100%
Altro	410	3.694	17.854	32.724	0	44.245	24.016	4.029	17.260	144.232
% altro	0,3%	2,6%	12,4%	22,7%	0,0%	30,7%	16,7%	2,8%	12,0%	100%
Totale complessivo	1.552	23.456	46.525	52.367	948	56.523	34.931	4.126	18.531	238.959
% totale	0,6%	9,8%	19,5%	21,9%	0,4%	23,7%	14,6%	1,7%	7,8%	-

Tabella 17. I risparmi ottenibili in relazione al fattore localizzativo nel lungo periodo

Infine in Tabella 17 sono rappresentati i risparmi differenziati in relazione ai differenti localizzativi. Nelle aree del centro storico, si evidenzia, una carenza di edifici nelle classe più elevate, data l'impossibilità di realizzare la cappottatura dell'involucro esterno. Per le aree teleriscaldato questo risultato appare ancora più marcato: il 70% degli edifici ivi ricadenti non supera una percentuale di risparmio atteso del 30%. Considerando gli edifici non soggetti ad alcun vincolo, si nota che la distribuzione percentuale nelle differenti classi di risparmio è più omogenea: il 30% degli edifici potrà ottenere un potenziale risparmio del fabbisogno energetico superiore al 60% rispetto alla condizione iniziale.

Conclusioni

La ripartizione per settore degli usi finali d'energia mostra una forte incidenza degli usi civili con una quota del 35% sul totale nel 2010, in forte crescita rispetto agli anni precedenti e maggiore rispetto al settore dei trasporti (31%) e dell'industria (23%) (Bertini et al. [2012]). Se si vuole raggiungere una riduzione importante dei consumi energetici sarà pertanto prioritario intervenire sugli edifici residenziali e terziari.

Nell'ambito di luoghi densamente abitati, come le città, esiste una stretta correlazione tra le scelte di pianificazione territoriale e le scelte di utilizzo delle fonti energetiche o le strategie risparmio energetico. Puntare all'ottimizzazione dell'utilizzo dell'energia nelle nostre città è di fondamentale importanza per la fortissima valenza ambientale ed economica che ha questo settore ed anche in merito all'impegno che gran parte dei paesi industrializzati ha intrapreso per contrastare il cambiamento climatico globale. La nuova Direttiva Europea⁴ sull'efficienza energetica contiene suggerimenti al fine di aumentare i servizi per il mercato energetico; anche la diffusione di strumenti per il calcolo della fattibilità di interventi di riqualificazione energetica può aiutare a misurare, differenziare e quindi ottimizzare l'utilizzo delle fonti energetiche sul territorio. L'implementazione delle informazioni territoriali attraverso software GIS è fondamentale per gestire lo sviluppo energetico sul territorio ed ottimizzare il potenziale energetico in esso presente, sfruttando l'integrazione delle informazioni a livello locale, con gli obiettivi di pianificazione e gestione di territorio e ambiente.

Questa metodologia può essere integrata alle applicazioni web-GIS per consentire ai cittadini di verificare il potenziale di risparmio energetico della propria abitazione, verificare su quale tecnologia investire e conseguentemente decidere se può essere conveniente l'investimento. Inoltre questo lavoro si pone anche l'obiettivo di aiutare le amministrazioni locali nel definire politiche d'intervento adatte al loro contesto territoriale e socio-economico, evitando di porre obiettivi a volte troppo ambiziosi ed altre volte modesti. L'uso degli strumenti GIS è essenziale per poter incrociare adeguatamente differenti livelli conoscitivi (si pensi ad esempio alla modulazione degli interventi rispetto ai criteri localizzativi) e per poter realizzare analisi multiscalarari. La metodologia può essere facilmente replicata in altri territori ed i risultati ottenuti potranno essere aggiornati attraverso i dati forniti dal 15° censimento della popolazione e delle abitazioni del 2011, oggi in elaborazione.

Con questo lavoro si è cercato di valorizzare le conoscenze e le banche dati in possesso della pubblica amministrazione sul territorio costruito sviluppando un servizio che potrà essere messo a disposizione della comunità secondo quanto indicato anche dalla legislazione vigente.

Bibliografia

AA.VV., 2011, Ottavo rapporto sull'energia, Provincia di Torino (<http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/energia/programm/index>).

AA.VV., 2012, Piano d'azione per l'energia sostenibile, TAPE Turin Action Plan for Energy, Città di Torino, (<http://www.comune.torino.it/ambiente/bm~doc/tape-3.pdf>).

Ballarini I., Corrado V., 2009, Application of energy rating methods to the existing building stock: Analysis of some residential buildings in Turin, *Energy and Buildings* 41, pp. 790-800.

Bertini I. et al., 2012, "Il Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica", Produzione scientifica Energia Ambiente e Innovazione n.1 (<http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/pdf-eai/gennaio-febbraio2012/pp-pianoazioneee.pdf>).

Bonesso S., Mutani G., Hubina T., Ramassotto A., 2013, L'applicazione delle tecnologie fotovoltaiche integrate sulle coperture degli edifici con software GIS - Potential of photovoltaic technologies on buildings' roofs using geographic information systems (GIS), rivista: GEOmedia, ISSN 1128-8132.

Corrado V., Ballarini I., Corgnati S. P., Talà N., 2011, Building Typology Brochure – Italy. Fascicolo sulla Tipologia Edilizia Italiana, Intelligent Energy Europe.

D.G.R. 4 Agosto 2009, n. 46-11968 "Aggiornamento del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria - Stralcio di piano per il riscaldamento ambientale e il condizionamento e disposizioni attuative in materia di rendimento energetico nell'edilizia ai sensi dell'articolo 21, comma 1, lettere a) b) e q) della Legge Regionale 28 maggio 2007, n. 13 Disposizioni in materia di rendimento energetico nell'edilizia", Regione Piemonte.

D.M. 28 dicembre 2012 "Incentivazione della produzione di energia termica da fonti rinnovabili ed interventi di efficienza energetica di piccole dimensioni" (detto "Conto Energia Termico").

ENEA, 2012, "Le detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente 2010", RAPPORTO ENEA, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, ISBN 978-88-8286-263-3 (http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/doc/rapporto_2010_pubblicato.pdf).

⁴ Direttiva 2012/27/UE.

- Fabbri K., Zuppiroli M., Ambrogio K., 2012, Heritage buildings and energy performance: Mapping with GIS tools, *Energy and Buildings* 48, pp. 137-145.
- Fracastoro G.V., Raimondo L., 2008, Progetto di ricerca finanziato con contributo della Fondazione CRT "Caratterizzazione energetica del patrimonio edilizio presente sul territorio piemontese e valutazione degli interventi di riqualificazione", Relazione finale, Torino.
- Fracastoro G.V., Serraino M., 2011, A methodology for assessing the energy performance of large scale building stocks and possible applications, *Energy and Buildings* 43, pp. 844-852.
- IReR novembre 2004, Programma delle ricerche strategiche 2004/2005 "Produzioni e uso razionale e sostenibile dell'energia. PARTE II Efficienza energetica in Lombardia: scenario e strumenti di intervento" (Cod. IReR 2004A027), Istituto Regionale di Ricerca della Lombardia, Rapporto finale, Milano.
- ISTAT, 2001, "R01_DatiCPA_2001", 14° Censimento generale della Popolazione e delle Abitazioni.
- Magrini A., Perneti R., Magnani L., 2011, Consumi energetici del parco edilizio esistente. Alcune considerazioni, *La Termotecnica*.
- Mutani G., Vicentini G., 2013, "Analisi del fabbisogno di energia termica degli edifici con software geografico libero. Il caso studio di Torino", rivista: *LA TERMOTECNICA*, vol. 6, pp. 63-67, ISSN: 0040-3725.
- Pairona M., 2013, "Consumi energetici per la climatizzazione invernale degli edifici residenziali a Torino", Tesi di Laurea Specialistica in Architettura, Politecnico di Torino.
- Poggio A. et al., 2006, "Studio sul teleriscaldamento in Provincia di Torino: stato di fatto e potenzialità di sviluppo", Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria, Servizio Qualità dell'Aria e Risorse Energetiche, Provincia di Torino, (<http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/energia/progetti/teleriscaldamento>).
- Poggio A., C. Maga, P. Benedetti, 2009, "Piano di Sviluppo del Teleriscaldamento nell'Area Metropolitana Torinese", Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria, Servizio Qualità dell'Aria e Risorse Energetiche, Provincia di Torino, (http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/energia/progetti/piano_sviluppo_TLR).
- Sandu C., 2011, "Il fabbisogno energetico del parco edilizio residenziale a Torino: applicazione mediante l'utilizzo di software GIS", Tesi di Laurea in Pianificazione Territoriale, Urbanistica e Ambientale, Facoltà di Architettura II, Politecnico di Torino.
- Tronchin L., Fabbri K., 2008, Energy performance building evaluation in Mediterranean countries: Comparison between software simulations and operating rating simulation, *Energy and Buildings* 40, pp. 1176-1187.
- Tronchin L., Fabbri K., 2010, A Round Robin Test for buildings energy performance in Italy, *Energy and Buildings* 42, pp. 1862-1877.
- Vicentini G., Mutani G., 2012, "L'analisi del fabbisogno di energia elettrica e termica del parco edilizio esistente attraverso un sistema informativo geografico open source", GFOSSDAY 2012- Quinta conferenza italiana sul software libero geografico e sui geodati aperti, Torino (<http://www.gfoss.it/drupal/gfossday2012/programma>).